

KAYAYA SOKETLİ FORE BİR KAZIĞIN TAŞIMA GÜCÜ

Mustafa Kirkit ¹, Cem Akgüner ², Turhan Karadayılar ³

ÖZET

Karadeniz sahil şeridinde inşa edilen karayolunun geçişi için Keşap – Espiye arasında bulunan Gülburnu koyunda bir viyadük inşa edilmiştir. Viyadük ayakları altında taşıyıcı sistemi olarak yüzeye yakın aglomera ve bazalt kayalara 3,0 m soketlenecek 2,0 m çaplı fore kazık temeller tercih edilmiştir. Boyları ise jeolojik duruma göre değişiklik göstermektedir.

Bu proje kapsamındaki kazıklardan birine kontrol amaçlı yavaş kademeli olarak (SML) yükleme deneyi yapılmıştır. Deney kazığı 13,0 m. boyundadır. Tasarımda proje servis yükü 14 MN olarak hesaplanmış, deney sırasında ise kazık servis yükünün 2,0 katına (28 MN) kadar yüklenmiştir.

Kazık yükleme deneyi sonucu elde edilen yük–deplasman eğrisi kullanılarak kazık temelin taşıma gücü belirlenmiştir. Kazığın taşıma gücünü belirlemek amacıyla, kişisel yorumdan bağımsız, matematiksel modellere dayanan ve göçmeye ulaşmamış kazıklar için önerilen metotlar seçilmiştir. Buna ek olarak çalışma konusu olan kazığın taşıma kapasitesi kaya serbest basınç mukavemetini dikkate alan ampirik bir yöntemle de hesaplanmıştır. Kazık temelin kayaya soketli oluşu, çapının büyük olması ve yükleme sonucu oluşan deplasmanın küçük olması dikkate alındığında hesap edilen taşıma gücü değerlerinin kabul edilebilir yakınlıkta olduğu sonucuna varılmıştır.

¹ İnş. Yük. Müh, GeoGrup A.Ş., İstanbul.

² Öğr. Gör. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fak. Geoteknik Anabilim Dalı, 34220, İstanbul.

³ İnş. Yük. Müh., ZETAŞ Zemin Teknolojisi A.Ş., İstanbul.

ABSTRACT

...

1.GİRİŞ

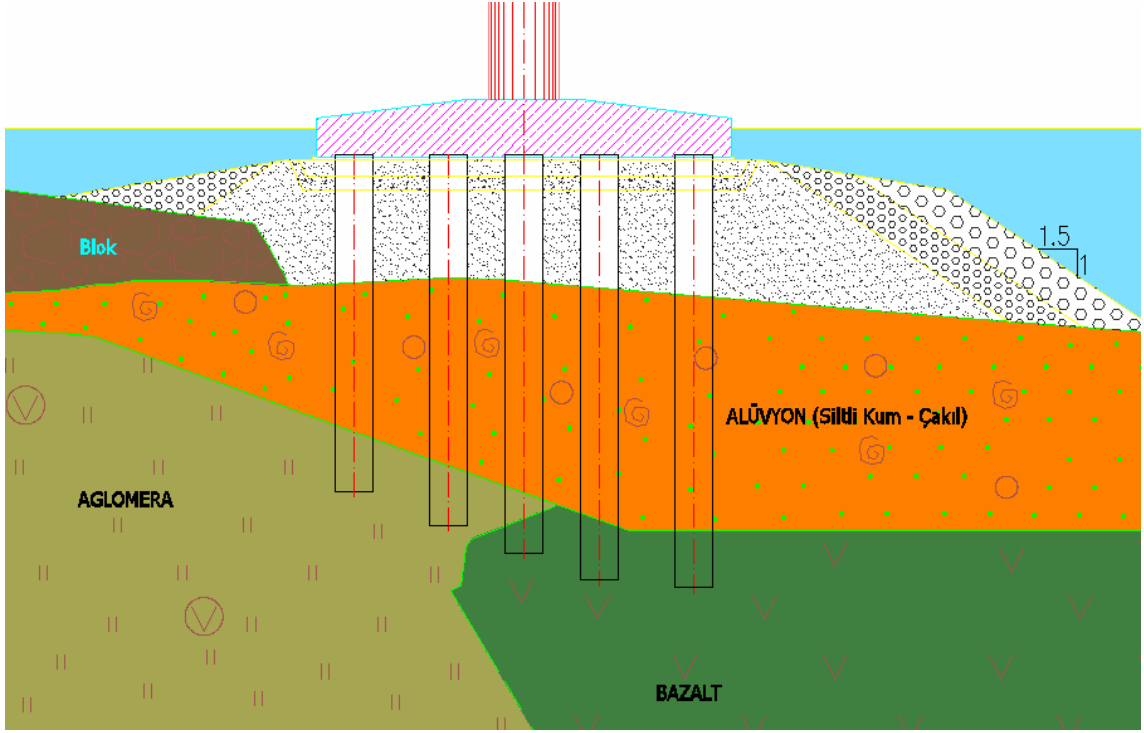
1.1 Proje, Kazık ve Zemin Bilgileri

Karadeniz sahil yolunda Keşap – Espiye arasında bulunan Gülburnu koyunda ulaşımı sağlamak amaçlı viyadük inşa edilmiştir. Viyadük iki ana gövdeden oluşmakta ve iki ana ayak üstünde taşınmaktadır. İnşaat yöntemi olarak “Uçan Kalıp” adı altındaki Dengeli Konsol Metodu kullanılmıştır (Şekil 1). Viyadüğün uzunluğu 330 m. ve genişliği 14,5 m.dir. Gülburnu Viyadüğü 165 m. orta açıklığa sahiptir ve Türkiye’de yapılan en büyük serbest açıklıklı ardgermeli viyadüktür.

Viyadük ayağı, altındaki kazık temel sistemi ve zemin profili Şekil 2’de gösterilmektedir. Viyadük ayakları altında 2,0 m çapında fore kazık temeller inşa edilmiştir. Fore kazıklar zemin içinde kayaya 3,0 m. soketlenmektedir ve zemin durumuna göre kazık boyları değişiklik göstermektedir.



Şekil 1 Gülburnu Viyadüğü Uçan Kalıp uygulaması



Şekil 2 Viyadük ayağı altındaki kazık temel sistemi ve zemin profili (Yüksel Proje)

1.2 Kazık Yükleme Deneyi ve Sonucu

Gülburnu Viyadüğü yapımı dahilinde imal edilen 2,0 m. çapında ve 13 m. boyundaki fore kazık temel üzerinde 20.03.2006 – 23.03.2006 tarihleri arasında statik yükleme deneyi yapılmıştır.

Deney ASTM D-1143 (2007) şartnamesi dikkate alınarak Yavaş Kademeli Yükleme (SML: Slow Maintained Load) yöntemi ile yapılmıştır. Deney sistemi, yükleme düzeneği ve okuma saati Şekil 3’de gösterilmektedir. Deney kazığı için 4 adet çekme kazığı kullanılmıştır ve bütün kazıklar 2,0 m. çapındadır.

Tasarımda proje servis yükü (çalışma yükü) 14000 kN olarak hesaplanmıştır. Deney kazığı çalışma yükünün iki katı kadar olan değeri 28000 kN yüklenmiştir ve kademeli yükleme sırasında deformasyonlar ölçülmüştür. 28000 kN değerinde okunan deformasyon değeri incelendiğinde ilgili şartnamelere göre belirlenen limit değerlerin altında kaldığı sonucu görülmektedir (Tablo 1).

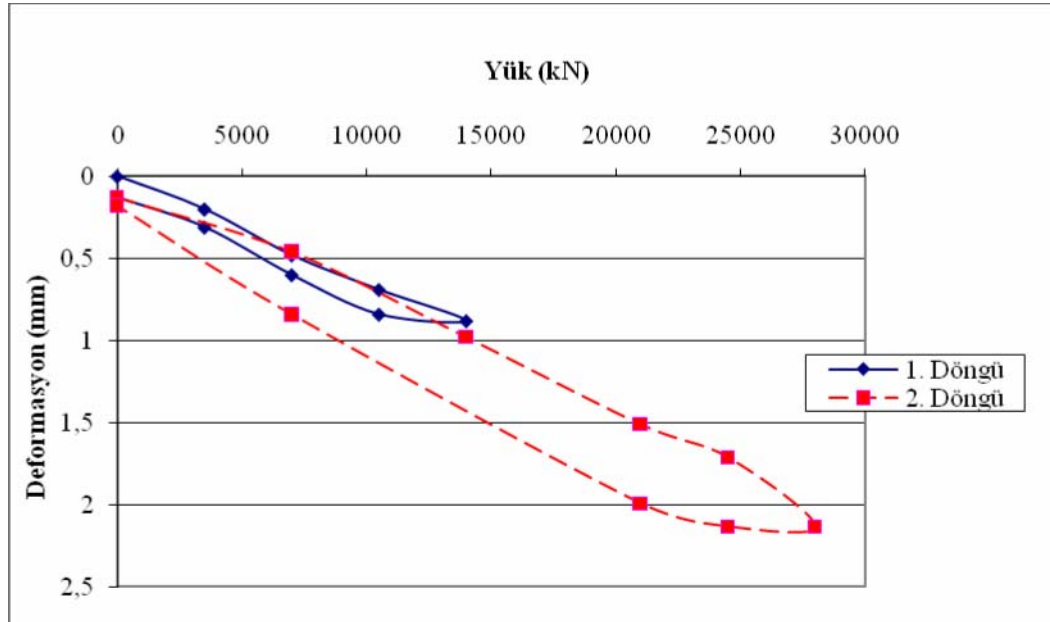
Deney Sonucu Yük – Deplasman Eğrisi Şekil 4’de gösterilmektedir.



Şekil 3 Kazık yükleme deneyi düzeneği

Tablo 1 Maksimum ve Kalıcı Deformasyon Değerleri

Test No	Uygulana Yük (kN)	Max. Deformasyon (mm)	Kalıcı Deformasyon (mm)
1. Döngü	14000	0,88	0,13
2. Döngü	28000	2,13	0,18



Şekil 4 Kazık Yükleme Deneyi sonucu Yük – Deplasman Eğrisi

2. Kazık Yükleme Deney Sonucuna Göre Taşıma Gücü Analizi

Kazık temellerin taşıma kapasitesinin belirlenmesinde, kazık yükleme deneyleri sonuçları önemli sayılan yardımcı unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Literatürde yükleme deney sonucunu kullanarak taşıma kapasitesini belirlemek için birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler oturmayı sınırlandıran ve yükleme deneyi sonucu yük – deplasman eğrisini yorumlayan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Yükleme deneyi ile kazık taşıma gücü belirlemek için asıl olan kazığı göçene kadar yüklemektir. Ama genellikle deney yapılan kazık proje kazığı olduğundan ya da fazla yükleme yapılamadığından, deneyler servis yükünün 1,5 veya 2,0 katına kadar devam ettirilmektedir.

Bu bildirinin konusu olan Gülburnu Viyadük Ayağı altındaki kazık temeller de çap olarak büyük ve kayaya soketlidir. Yükleme servis yükünün 2,0 katına kadar yüklenmiş ve deneye son verilmiştir. Bu nedenle kazık yükleme deney sonucunu kullanarak taşıma kapasitesi hesaplama yöntemlerinden, kişi yorumundan bağımsız, matematiksel modele dayanan ve göçmeye ulaşmamış kazıklar için önerilenler seçilmiştir.

2.1 Chin – Kondner Yöntemi (1970)

Yükleme deneyi sonucu yük – deplasman değerlerini kullanarak x ekseninde deplasman (Δ), y ekseninde deplasman/yük (Δ/Q) değerleri olan grafik çizilir. Grafikte, deney sonucu verilerine bağlı olarak oluşan noktalar kümesinden geçen doğru çizilir. Çizilen doğrunun eğimi C_1 ve y eksenini kestiği değer C_2 değeridir. Kazık taşıma kapasitesi Q_u değeri (Chin, 1970);

$$Q_u = 1/C_1 \quad (1)$$

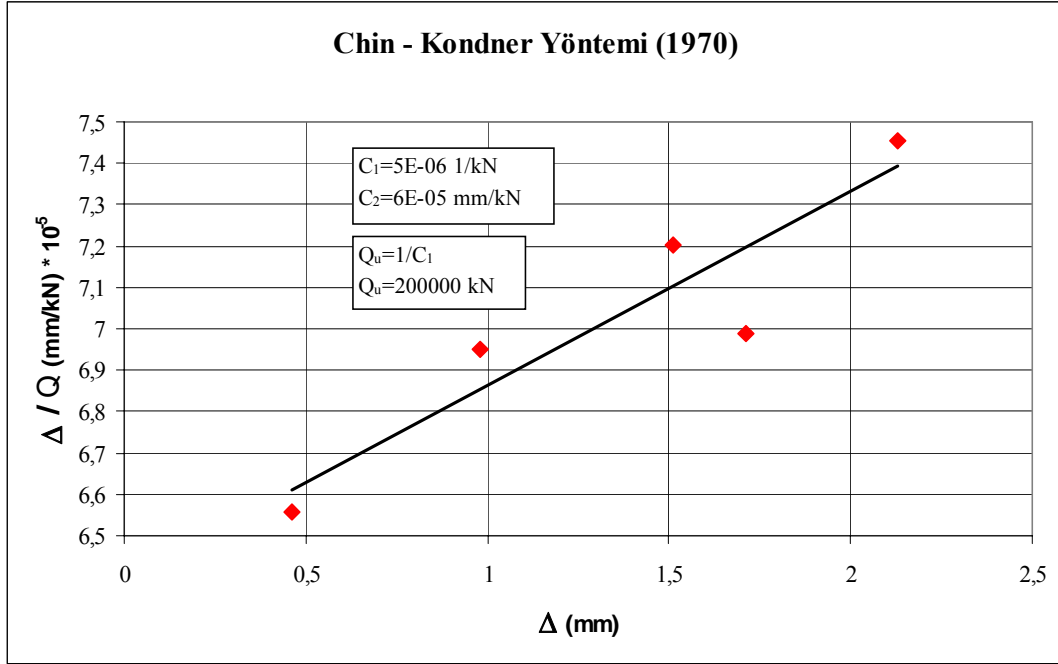
Chin – Kondner yöntemi kullanılarak Gülburnu Viyadüğü Ayağı altındaki kazık temelin taşıma gücü 200.000 kN olarak bulunmuştur (Şekil 5).

2.2 Decourt Yöntemi (1999)

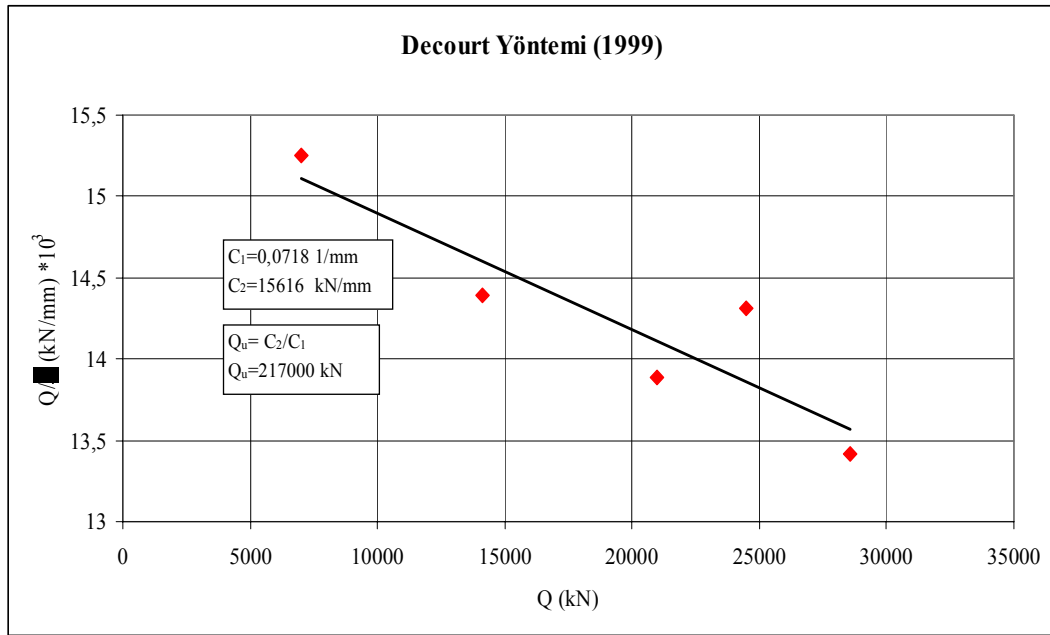
Her yük kademesinde yük (Q) değeri karşılığında meydana gelen deplasman (Δ) değerine bölünür ve $Q - Q/\Delta$ grafiği çizilir. Oluşan noktalar kümesinden bir doğru geçirilir. Doğrunun eğimi C_1 ve y eksenini kestiği değer C_2 değeridir. Kazık taşıma gücü (Fellenius, 2006):

$$Q_u = C_2/C_1 \quad (2)$$

Decourt yöntemi ile çözüm Şekil 6'da gösterilmektedir ve taşıma gücü 217.000 kN bulunmuştur.



Şekil 5 Chin – Kondner Yöntemi ile Çözüm



Şekil 6 Decourt Yöntemi ile Çözüm

2.3 Tolosko Yöntemi (1999)

Göçmeye ulaşmamış kazıklar için Tolosko (1999), Chin – Kondner ve Davisson yöntemlerini kullanarak yeni bir bağıntı önermiştir.

$$Q_u = \frac{\left[-(a \cdot X + b - S) \pm \sqrt{(a \cdot X + b - S)^2 + 4 \cdot a \cdot X \cdot S} \right]}{(2 \cdot a \cdot S)} \quad (3)$$

Bağıntıdaki a ve b değerleri $\Delta/Q - \Delta$ grafiğinden elde edilir. Çizilen doğrunun eğimi “a” ve doğrunun y eksenini kestiği yer “b” değeridir. Bağıntı 3’deki X ve S değerleri sırası ile bağıntı 4 ve 5 ile bulunmaktadır.

$$X = 4 + D/120 \quad (4)$$

$$S = L/EA \quad (5)$$

D= Kazık çapı

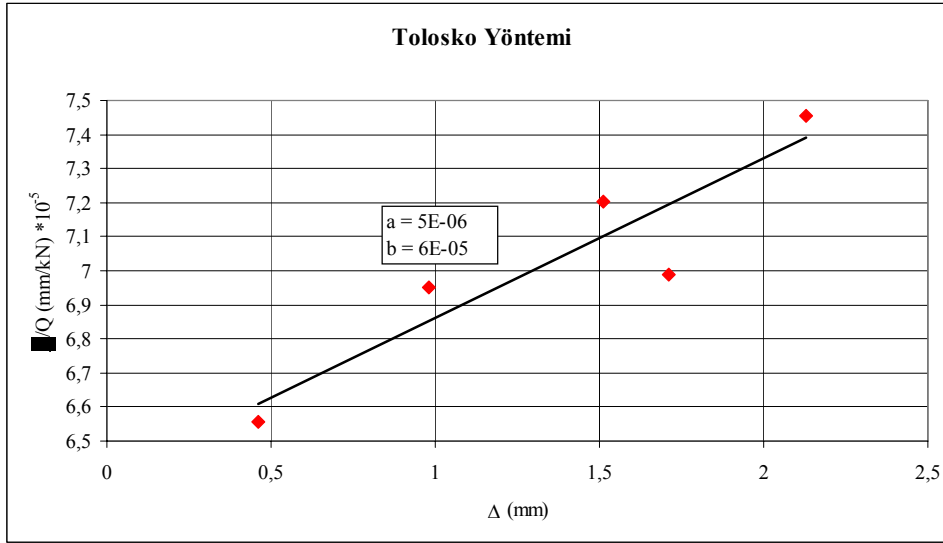
L= Kazık boyu

E= Kazık elastisite modülü

A= Kazık kesit alanı

Bu yöntem kullanılarak kazık taşıma gücü 193.000 kN olarak bulunmuştur. Denklemden kullanılan “a” ve “b” değerleri Şekil 7’de gösterilmektedir. Bağıntı 4 ve 5’de kullanılan kazığa ait veriler Tablo 2’de verilmiştir.

Göçmeye ulaşmamış kazıklar için önerilen bir yöntemle elde edilen kapasitenin diğer yaklaşımlara göre daha düşük değerler vermesi yani daha tutucu bir yaklaşım içinde olması beklenen bir sonuçtur.



Şekil 7 Tolosko Yönteminde a ve b değerleri

Tablo 2 Bağını 4 ve 5’de kullanılan değerler

D: Kazık Çapı =	2,0 m
L: Kazık Boyu =	13,0 m
A: Kazık Enkesit Alanı =	3,14 m ²
E: Kazık Elastisite Modülü =	30 GPa

3. Ampirik Yöntemle Kazık Kapasitesi

Soketli kazıkların taşıma kapasitesini belirlemek için literatürde çeşitli ampirik yöntemler önerilmiştir. Ampirik eşitlikler kazık yükleme deneylerinden oluşturulan veri tabanlarından geri çözümleme yapılarak çıkarılmıştır. Ampirik yöntemlerde çevre ve uç taşıma kapasitesi ayrı ayrı önerilmiştir. Bu yöntemlerin dikkate aldığı temel zemin parametresi kaya serbest basınç mukavemeti “ σ_c ” değeridir ve önerilen eşitliklerin genel formatı Bağını 6’da verilmiştir.

$$q_{\max}, \tau_{\max} = N \cdot (\sigma_c)^m \quad (6)$$

q_{\max} : Kazık uç taşıma kapasitesi (MPa)

τ_{\max} : Kazık çevre taşıma kapasitesi (MPa)

σ_c : Kaya serbest basınç mukavemeti değeri (MPa)

N, m: Araştırmacılar tarafından önerilen katsayılar

Horvath v.d. (1983), büyük çaplı soketli kazıklarda çevre direncinin yenilmesi için ortalama 5 mm deplasman gerektiğini ifade etmektedir. Fakat Gülburnu Viyadüğü altındaki kazık temele uygulanan yükleme deneyi sonucuna göre servis yükünün 2 katı

yükte meydana gelen deplasman değeri 5 mm'nin altında kalmıştır. Bu sebepten ötürü söz konusu kazık için yükün sadece çevrede taşındığı varsayılmış ve Zhang ve Einstein'ın (1997) düz soketler için önerdiği Eşitlik 7 kullanılmıştır.

$$\tau_{\max} = 0,4 \cdot (\sigma_c)^{0,5} \quad (7)$$

Gülburnu'nda viyadük altında kazık temelin soketlendiği kaya türü volkanik aglomera ve bazalttır. Kaya için ampirik hesapta dikkate alınacak kaya serbest basınç mukavemeti değeri literatürden 170 MPa olarak alınmıştır (Bowles, 1997). Çalışma konusu kazık temel için yapılan ampirik hesapların sonucu Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3 Ampirik yöntemle kazık taşıma kapasitesi

Kazık Çapı (m)	Kazık Boyu (m)	Soket Boyu (m)	Kesit Alanı (m ²)	Çevre Alanı (m ²)	σ_c (MPa)	τ_{\max} (MPa)	Q_s (kN)
						Zhang ve Einstein (1998) (Düz)	Zhang ve Einstein (1998) (Düz)
2	13	3	3,14	18,85	170	5,22	98.394,68

4. SONUÇLAR

Genellikle soketli fore kazıklara yükleme deneyi yapıldığında, kazığın kaya ortamı içinde bulunması ve aşırı miktarda yük uygulanmasının zorluklarından ötürü kazıklara göçene kadar yükleme yapılamamaktadır. Bu durum dikkate alındığında soketli kazıkların yükleme deneyi sonuçlarını yorumlayarak kazık taşıma kapasitesi belirlenmesinde, göçmeye ulaşmamış kazıklar için kişi yorumundan bağımsız ve matematiksel modellere dayanan yöntemler kullanılmalıdır.

Bu çalışmaya konu olan kazık temelin, yükleme deneyi sonucu kullanılarak taşıma kapasitesini belirlemek için Chin – Kondner (1970), Decourt (1999) ve Tolosko (1999) yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca Zhang ve Einstein'ın (1997) önerdiği ampirik yöntemle kazık taşıma kapasitesi belirlenmiştir.

Kazığın kayaya soketli olması, çapının büyük olması ve yükleme deneyi sonucunda oluşan deplasmanın çok küçük olması göz önüne alındığında, elde edilen sonuçların kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu düşünülmektedir.

5. SEMBOLLER

a	Tolosko yönteminde doğru eğimi
A	Kazık kesit alanı
b	Tolosko yönteminde düşey eksenini kesen değer
C ₁	Chin - Kondener ve Decourt yönteminde doğru eğimi
C ₂	Chin - Kondener ve Decourt düşey eksenini kesen değer
D	Kazık çapı
Δ	Deplasman
E	Kazık elastisite modülü
q _{max}	Kazık uç taşıma direnci
Q	Yük
Q _s	Kazık çevresinde taşınan yük
Q _u	Kazık taşıma kapasitesi
σ_c	Kaya serbest basınç mukavemeti
τ_{max}	Kazık çevre taşıma kapasitesi

6. TEŞEKKÜR

Bu uygulamayı gerçekleştiren Zetaş A.Ş. çalışanlarına ve Prof. Dr. Turan Durgunoğlu'na teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

Bowles, J. E. (1997), Foundation Design and Analyses, The McGraw Hill Companies.

Chin, F. K. (1970), Estimation of the Ultimate Load of Pile Not Carried to Failure, Proceedings 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering, Singapore, pp.81-90.

D 1143 \D 1143M, American Society For Testing And Materials (2007), "Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load", United States.

Fellenius, B. H. (2006), Basics of Foundation Design, Electronic Edition.

Horvath, R. G. ve Kenney, T.C. ve Kozicki, P. (1983), Methods of Improving the Performance of Drilled Piers in Weak Rock, Canadian Geotechnical Journal, Vol.20, No.4, pp.758 – 772.

Tolosko, T.A. (1999), Extrapolation of Pile Capacity From Non-Failed Load Tests, Master of Science in Civil Engineering, University of Massachusetts Lowell.

Yüksel Proje, Gülburnu Köprüsü Yerleşim Planı, Pafta No:YU-GES-GUL-01-A.

Zhang, L. ve Einstein, H. H. (1998), End Bearing Resistance of Drilled Shafts in Rock, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.124, No.7, pp.574-584.